

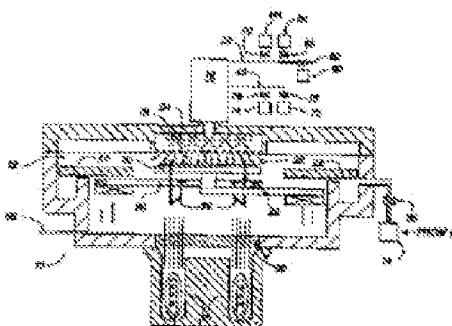
UTILIZATION OF SiH₄ SOAK AND PURGE IN DEPOSITION PROCESS**Publication number:** JP10212583**Publication date:** 1998-08-11**Inventor:** TSENG MENG CHU (US); CHANG MEI (US); SRINIVAS RAMANUJAPURAM A (US); RINNEN KLAUS-DIETER (US); EIZENBERG MOSHE (IL); TELFORD SUSAN (DE)**Applicant:** APPLIED MATERIALS INC (US)**Classification:****- International:** C23C16/44; C23C16/02; C23C16/42; C23C16/56; H01L21/205; H01L21/28; H01L21/285; C23C16/44; C23C16/02; C23C16/42; C23C16/56; H01L21/02; (IPC1-7): H01L21/205; C23C16/44; H01L21/285**- European:** C23C16/44A10; C23C16/02B2; C23C16/42; C23C16/56; H01L21/285B4A**Application number:** JP19980012660 19980126**Priority number(s):** US19940314161 19940927**Also published as:**

- EP0704551 (A1)
- US5817576 (A1)
- US5780360 (A1)
- JP8236464 (A)
- EP0704551 (B1)

[Report a data error here](#)**Abstract of JP10212583**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a process which is improved in a CVD process such as a process for deposition of tungsten silicon compd. (WSix) from tungsten hexafluoride (WF₆) and dichlorosilane (DCS), to provide a process including a purge step for new silane (SiH₄) following the deposition of WSix on a substrate, and further, to provide a process including a soak step for new SiH₄ in advance of the deposition of WSix on the substrate.

SOLUTION: The method for these processes include a step for depositing a substance on the surface of the substrate 28 by using a mixture of gases and a step for purging a residual gas by allowing SiH₄ to flow into a chamber 12. It is preferable to use a mixture of WF₆, dichlorosilane and a noble gas, thereby depositing WSix on a semiconductor wafer 28, and thereafter, SiH₄ is flowed into the chamber 12, thereby purging residual WF₆ and dichlorosilane from the chamber 12.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-212583

(43)公開日 平成10年(1998)8月11日

(51)Int.Cl.⁶
C 23 C 16/44
H 01 L 21/285
// H 01 L 21/205

識別記号
3 0 1

F I
C 23 C 16/44
H 01 L 21/285
3 0 1 T
21/205

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 14 頁)

(21)出願番号 特願平10-12660
(62)分割の表示 特願平7-249796の分割
(22)出願日 平成7年(1995)9月27日
(31)優先権主張番号 08/314161
(32)優先日 1994年9月27日
(33)優先権主張国 米国(US)

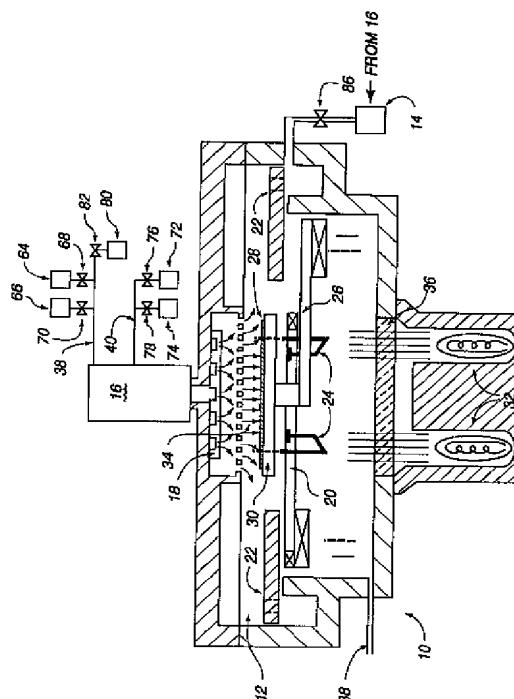
(71)出願人 390040660
アプライド マテリアルズ インコーポレ
イテッド
APPLIED MATERIALS, I
NCORPORATED
アメリカ合衆国 カリフォルニア州
95054 サンタ クララ パウアーズ ア
ベニュー 3050
(72)発明者 メン チュ ツエン
アメリカ合衆国、カリフォルニア州,
サラトガ、デサンカ アヴェニュー
12471
(74)代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外4名)
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 堆積プロセスにおけるSiH₄ソーキ及びバージの利用

(57)【要約】

【課題】 本発明は、6フッ化タンゲステン(WF₆)およびジクロロシラン(DCS)からタンゲステンケイ素化物(WSi_x)の堆積プロセスのようなCVDプロセスの改良されたプロセスを提供するものであり、さらには、基板上のWSi_xの堆積に続く新規シラン(SiH₄)バージステップを含むプロセスを提供するものであり、さらには、基板上のWSi_xの堆積に先立って新規なSiH₄のソーキ(soak)ステップを含むプロセスを提供するものである。

【解決手段】 本発明に係る方法は、ガス混合物を用いて物質を基板表面に堆積するステップと、SiH₄をチャンバに流すことにより残留ガスをバージするステップとを含む。好ましくは、WF₆、ジクロロシラン、および貴ガスの混合物を用いて、WSi_xが半導体ウエハ上に堆積され、そして、チャンバが、その後SiH₄をチャンバに流すことにより、残留WF₆とジクロロシランがバージされる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 真空処理装置のチャンバ内で基板を処理する方法であって、(i) 前記基板の表面上にケイ素化物ないしシリサイドを堆積する堆積のステップと、(ii) 前記チャンバにジクロロシラン(DCS)を流入させて、前記チャンバをバージし前記堆積のステップで残留した残留ガスを除去するDCSバージのステップとを有する方法。

【請求項2】 更に、(iii) 前記チャンバにSiH₄を流入させて、前記チャンバをバージし前記DCSバージのステップで残留した残留ガスを除去するSiH₄バージのステップを有する請求項1に記載の方法。

【請求項3】 前記堆積のステップ(i)で、前記基板の前記表面上にWSi_xが堆積される請求項1に記載の方法。

【請求項4】 前記DCSバージのステップ(ii)で、DCSを貴ガスと混合するする請求項1に記載の方法。

【請求項5】 前記SiH₄バージのステップ(iii)で、SiH₄を貴ガスと混合する請求項2に記載の方法。

【請求項6】 真空処理装置のチャンバ内で基板を処理する方法であって、(i) WF₆と、ジクロロシランと、貴ガスとを備える混合ガスを用いて、前記基板の表面上にWSi_xを堆積する堆積のステップと、(ii) 前記チャンバにジクロロシラン(DCS)を流入させて、前記チャンバをバージしWF₆を除去するDCSバージのステップとを有する方法。

【請求項7】 更に、(iii) 前記チャンバにSiH₄を流入させて、前記チャンバをバージし残留のWF₆及びDCSを除去するSiH₄バージのステップを有する請求項6に記載の方法。

【請求項8】 前記DCSバージのステップ(ii)が約1～10秒間行われる請求項6に記載の方法。

【請求項9】 前記SiH₄バージのステップ(iii)が約10～30秒間行われる請求項7に記載の方法。

【請求項10】 前記DCSバージのステップ(ii)で、DCSの流量が約130～300 sccmである請求項7に記載の方法。

【請求項11】 真空処理装置のチャンバ内で基板を処理する方法であって、(i) 前記基板を前記チャンバ内に導入するステップと、(ii) 前記チャンバ内にSiH₄を流入させるステップと、(iii) 前記基板の表面上にケイ化物ないしシリサイドを堆積する堆積のステップと、(iv) 前記チャンバにジクロロシランを流入して、前記チャンバを少なくとも部分的にバージするバージのステップとを有する方法。

【請求項12】 更に、(v) 前記チャンバへのジクロロシランの流入を止めた後に、SiH₄を前記チャンバに流入し、前記チャンバをバージして残留ガスを除くステップを有する請求項11に記載のする方法。

【請求項13】 前記ステップ(iii)が、WF₆と、ジ

クロロシランと、貴ガスとを混合する工程と、該混合物を前記チャンバに導入する工程とを有する請求項12に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、6フッ化タンゲスタン(WF₆)およびジクロロシラン(DCS)からタンゲスタンケイ素化物(WSi_x)の堆積プロセスのようなCVDプロセスの改良されたプロセスに関するものである。さらには、本発明は、基板上のWSi_xの堆積に続く新規シラン(SiH₄)バージステップを含むプロセスに関するものである。本発明は、さらには、基板上のWSi_xの堆積に先立って新規なSiH₄のゾーク(soak)ステップを含むプロセスに関するものである。

【0002】

【従来の技術】タンゲスタンケイ素化物(Tungsten silicide)(WSi_x)は、いままでは低圧CVD(LPCVD)によって、シラン(SiH₄)と6フッ化タンゲスタン(WF₆)をプレカーサーガスとして用いて半導体基板上に堆積されてきた。典型的には、WSi_x薄膜は、ポリシリコン層の下の(beneath)酸化ケイ素(silicon oxide)の層を有する半導体ウエハ上に堆積される。従来のプロセスは、しかしながら、完全に満足するものではなかった。

【0003】従来プロセスの1つの問題は、堆積されたコーティングが、望まれる程度段差形状へ追随していないことである。他の問題は、そのようにして堆積されたフィルム高残留フッ素を含有し、デバイス性能に不利な影響を与えるということである。例えば、ウエハを例えればアニーリング時のように850℃以上の高温度に晒した場合、下にあるポリシリコン層を通じて、下にある酸化ケイ素層へ過剰のフッ素イオンが移動する。酸化ケイ素層の効果的な厚みはそれゆえ増加するようみえることとなる。この酸化ケイ素層の効果的な厚みの増加は結局、そのような層を含む半導体デバイスの電気的な性質において不利な変化をもたらす。

【0004】ここに参照として取り込まれているUS.Patent No.4,951,601(Maydan等)に記述されているような、マルチチャンバ真空プロセスシステムを使用する場合、最初にタンゲスタンケイ素化物によりコートされる基板は、フッ素プラズマスクラブを用いてもともとあつた酸化物をポリシリコン層から除いて清浄化される。清浄化された基板はその後、基板運搬チャンバに移される。この運搬チャンバは、基板の再酸化を防ぐために窒素またはアルゴン雰囲気(大気圧以下)にされていて、そして基板を、プロセスチャンバ、例えばタンゲスタン堆積チャンバに、Oリングシールを持つスリットバルブを通じて移動するためにロボットを含む。このCVDプロセスチャンバはSiH₄とWF₆からタンゲスタンケイ素化物を堆積するための標準となっている。しかしながら、基板がより大きくなり、デバイスに対する形状サイズが

より小さくなるにつれ、この堆積プロセスを用いる場合の、ステップカバレージと、残留フッ素の問題は、将来の応用にたいして極めて重要な制限となる。SiH₄のかわりに、ジクロロシラン(DCS)を用いてWSi_xフィルムを堆積する改良プロセスが提案されている。結果として得られるWSi_xフィルムは、フッ素含量を低減し、ブリカーサーガスとしてSiH₄wを用いて堆積させたものよりもずっと形状追随性がよく、それにより、SiH₄-規準の堆積プロセスの限界に対する回答を与えるものである。良好な形状追随性を有し、低フッ素含量でありシリコンウエハ(その上に1またはそれ以上の層を有する)のような基板への良好な粘着性を有するWSixフィルムを堆積するためには、堆積プロセスの間、堆積チャンバから窒素を除くことが好ましいことが見出されている。そのような改良プロセスは、ここに参考として取り込まれているChang等による、1993年10月14日に出願された同時継続出願シリアルNo.08/136,529により与えられている。このプロセス(「DSCプロセス」)において、タンゲスタンケイ素化物薄膜フィルムは、WF₆、DCSおよび貴キャリアーガスを、窒素が除かれているタンゲスタン堆積チャンバに通じることにより形成される。

【0005】堆積プロセスにおいては、それぞれの半導体ウエハをプロセスした後、チャンバおよび供給ラインから残留する反応性、およびキャリアガスを除くために、堆積チャンバとガス供給ラインをバージすることが普通となっている。上で述べたDSCプロセスは典型的には、DCSをバージガスとするバージステップを含む。

【0006】しかしながら、DSCプロセスに従う半導体ウエハ上の堆積したWSi_xは、そのようにプロセスされたウエハのシート抵抗において、短期的にも長期的にも顕著な下方向のドリフトを伴うことが見出されている。DCSプロセスを用いて、シート抵抗は、25枚のウエハをプロセスする間に2Ω/スクエア減少することが観測されている。この短期的抵抗値のドリフトは5%またはそれ以上の減少となる。500枚のウエハをプロセスする間の長期的抵抗値のドリフト、4-5Ω/スクエアになるが、も観測されている。

【0007】観測されるシート抵抗値においての短期的及び長期的な下方向のドリフトを減少する既知のDCS堆積プロセスにおける改良のための必要性がある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】上記の従来技術の問題点を解決するために、本発明の目的の1つは、半導体ウエハのような基板を、ガス混合物を用いて物質を基板の表面上に堆積し、そしてSiH₄をチャンバ内に流すことにより堆積ステップから残留ガスをチャンバからバージすることによる、真空プロセス装置のチャンバ内でのプロセスの方法を提供することである。

【0009】さらに本発明の目的は、WF₆とジクロロシランと貴ガスとの混合物を用いて、WSi_xが半導体ウエハ

の表面上に堆積され、そして、チャンバはその後SiH₄をチャンバ内に流すことにより残留するWF₆とジクロロシランをバージするプロセス方法を提供することである。

【0010】さらに本発明における目的は、WSi_x堆積の後、そしてSiH₄バージに先立って任意のDCSの部分的バージがなされるプロセスの方法を提供することである。

【0011】さらに、本発明の目的は、真空プロセスチャンバを調節する(condition)ために、堆積プロセスに先立ってSiH₄が適用されるプロセスの方法を提供することである。SiH₄調節ステップは、独立に適用されるし、または、真空堆積チャンバ内で基板をプロセスする方法の一部としての従来のSiH₄バージステップとの組合せで適用されてもよい。

【0012】さらに本発明の目的は、従来のプロセスに従ってプロセスされる半導体ウエハが供給されるプロセスの方法を提供することである。そのように製造されたウエハは減少したシート抵抗の変動で特徴づけられる、そしてさらに堆積された再のフィルムストレス減少により特徴づけられる。

【0013】さらに、本発明の他の目的は、チャンバと、WSixのような物質をチャンバ内に暴露された基板の表面上に堆積するための手段と、チャンバをSiH₄でバージする手段からなる真空プロセス装置を提供することである。

【0014】基板表面上に物質を堆積するための好ましい手段は、少なくとも1つの反応性ガスのソースと、その反応性ガスをチャンバ内へ導入する手段とを含む。特に好ましくは、該装置はWF₆、DCSそして貴キャリアガスを含み、そしてそれらのガスを反応性ガス混合物を製造するために混合する手段を有する。

【0015】SiH₄によりチャンバをバージする手段は、好ましくは、SiH₄のソースと、そのSiH₄をチャンバ内へ導入する手段を有する。

【0016】本発明の他の目的、特徴、および有利性は、次の発明の詳細な説明に記載の事項から当業者にとっては明らかになるであろう。

【0017】

【課題を解決するための手段】従来技術の種々の問題点に鑑み、本発明者等は鋭意研究し、上記目的をみたすべきプロセス方法を開発することに成功し、本発明を完成するに至った。以下、本発明を詳しく説明する。すなわち、本発明により、真空プロセス装置のチャンバ内で基板をプロセスする方法であって、(i) 前記基板の表面上に物質を堆積するステップと、(ii) SiH₄を前記チャンバに流すことにより、前記チャンバをバージして前記堆積ステップから残留する残留ガスを除くステップとを有する方法が提供される。

【0018】さらに、本発明により、前記基板が半導体ウエハであることを特徴とする方法が提供される。

【0019】さらに、本発明により、ステップ(i)にお

いて、WSi_xが前記基板の前記表面上に堆積されることを特徴とする方法が提供される。

【0020】さらに、本発明により、ステップ(ii)において、前記SiH₄が貴ガスと組み合わされていることを特徴とする方法が提供される。

【0021】また、本発明により、真空プロセス装置のチャンバ内で基板をプロセスする方法であって、(i) WF₆、ジクロロシランそして貴ガスからなる混合物を用いて、前記基板の表面上にWSi_xを堆積するステップと、(ii) SiH₄を前記チャンバに流すことにより、前記チャンバをバージして前記堆積ステップから残留するWF₆とジクロロシランを除くステップとを有する方法が提供される。

【0022】さらに、本発明により、前記基板が半導体ウエハであることを特徴とする方法が提供される。

【0023】さらに、本発明により、ステップ(ii)が、約10から30秒間行われることを特徴とする方法が提供される。

【0024】さらに、本発明により、ステップ(ii)において、前記SiH₄の流量が約300から500 sccmであることを特徴とする方法が提供される。

【0025】さらに、本発明により、ステップ(ii)の間の前記チャンバ内の圧力が、約0.5から1.0トールであることを特徴とする方法が提供される。

【0026】さらに、本発明により、ステップ(ii)において、前記SiH₄が貴ガスと組み合わされていることを特徴とする方法が提供される。

【0027】さらに、本発明により、さらに(iii) 前記SiH₄を前記チャンバから除くステップ、を有する方法が提供される。

【0028】さらに、本発明により、前記基板が前記チャンバから、ステップ(iii)の後に移動されることを特徴とする方法が提供される。

【0029】さらに、本発明により、ステップ(i)に先立って、前記基板が前記チャンバに導入され、そして前記チャンバがSiH₄をそこへ導入することによりコンディション化されることを特徴とする方法が提供される。

【0030】さらに本発明により、前記コンディション化が約1.5秒から1分間行われることを特徴とする方法が提供される。

【0031】さらに、本発明により、前記コンディション化ステップにおいて、前記SiH₄の流量が約100から500 sccmであることを特徴とする方法が提供される。

【0032】さらに、本発明により、前記コンディション化ステップの間の前記チャンバ内の圧力が約1から1.0トールであることを特徴とする方法が提供される。

【0033】また、本発明により、ステップ(ii)の直前に、ジクロロシランを、少なくとも部分的に前記装置を

バージするために前記真空プロセス装置に流すことを特徴とする方法が提供される。

【0034】さらに、本発明により、前記部分的バージステップの間の前記ジクロロシランの流量が約130から300 sccmであることを特徴とする方法が提供される。

【0035】さらに、本発明により、前記部分的バージステップが約0から5秒間行われることを特徴とする方法が提供される。

【0036】また、本発明により、前記チャンバが底部を有し、そして前記底部が少なくともステップ(ii)の間アルゴンでバージされることを特徴とする方法が提供される。

【0037】また、本発明により、真空プロセス装置のチャンバ内で基板をプロセスする方法であって、(i) 前記基板を前記チャンバに導入するステップと、(ii) SiH₄を前記チャンバに約1.5秒から1分間流すステップと、(iii) 前記基板の表面上にWSi_xを堆積するステップと、(iv) ジクロロシランを前記装置内に流すことにより、前記チャンバをバージして残留するWF₆とジクロロシランを除くステップと、(v) ジクロロシランの前記装置への流れを止めた後に、SiH₄を前記チャンバに流すことにより、残留するWF₆とジクロロシランを除くステップとを、有する方法が提供される。

【0038】さらに、本発明により、前記基板が半導体ウエハであることを特徴とする方法が提供される。

【0039】さらに、本発明により、前記基板が、前記チャンバから、ステップ(v)の後に移動されることを特徴とする方法が提供される。

【0040】さらに、本発明により、前記チャンバが底部を有し、そして前記底部が少なくともステップ(ii)の間アルゴンでバージされることを特徴とする方法が提供される。

【0041】また、本発明により、真空プロセス装置のチャンバ内で基板をプロセスする方法であって、(i) WF₆、ジクロロシランそして貴ガスの混合物を用いて、半導体ウエハの表面上にWSi_xの膜を堆積するステップと、(ii) SiH₄を前記チャンバに流すことにより、前記チャンバをバージし、残留するWF₆とジクロロシランを除くステップと、(iii) ステップ(i)-(ii)を繰返すステップとを、有し、それにより、ステップ(i)-(ii)-(i)を25回連続した際、前記WSi_x膜のシート抵抗が3%以上は減少しない方法が提供される。

【0042】また、本発明により、真空プロセス装置のチャンバ内で基板をプロセスする方法であって、(i) 半導体ウエハを前記チャンバに導入するステップと、(ii) SiH₄を前記チャンバに流すステップと、(iii) WF₆、ジクロロシランそして貴ガスの混合物を用いて、前記半導体ウエハの表面上にWSi_xの膜を堆積するステップと、(iv) 少なくとも部分的に前記真空プロセス装

置を、ジクロロシランを前記装置に流すことによりページするステップと、(v) ジクロロシランの前記装置への流れを止めた後に、 SiH_4 を前記チャンバに流すことにより、残留する WF_6 とジクロロシランを除くステップと、(vi) 前記半導体ウエハを前記チャンバから移動するステップと、(vii) ステップ(i)-(vi)を繰返すステップとを有し、それにより、ステップ(i)-(vi)を25回連続した際、前記 WSi_x 膜のシート抵抗が3%以上は減少しない方法が提供される。

【0043】さらに、本発明により、真空プロセス装置のチャンバ内で基板をプロセスする方法であって、(i) 前記基板を前記チャンバに導入するステップと、(ii) 前記チャンバを、 SiH_4 を前記チャンバ内に流すことによりコンディション化するステップと、(iii) 前記基板の表面上に物質を堆積するステップとを有する方法が提供される。

【0044】さらに、本発明により、前記基板が半導体ウエハであることを特徴とする方法が提供される。

【0045】さらに、本発明により、前記 SiH_4 が前記チャンバに約15秒から1分間流されることを特徴とする方法が提供される。

【0046】さらに、本発明により、ステップ(iii)において、前記物質が WSi_x であることを特徴とする方法が提供される。

【0047】さらに、本発明により、前記 WSi_x が、 WF_6 、ジクロロシランそして貴ガスの混合物を用いて、前記基板の前記表面上に堆積することを特徴とする方法が提供される。

【0048】また、本発明は、本発明に記載の方法により製造される半導体ウエハに関するものである。

【0049】さらに、本発明は、ストレスが図3に従い温度により変動する、 WSi_x 膜を有する半導体ウエハに関するものである。

【0050】さらに、本発明は、 WSi_x 膜を有する半導体ウエハで、前記膜のアニーリングの間のストレスが履歴を示し、約0から600°Cの温度範囲で、加熱の間のストレスが、冷却の間のストレスよりも小さい半導体ウエハに関するものである。

【0051】さらに、本発明は、 WSi_x 膜を有する半導体ウエハで、アニーリングの間に決められた値として前記膜のアニーリングの間に測定されるストレスが約0から約400°Cの温度範囲で正の値を有し、400から500°Cの温度範囲では負の値を有し、500°C以上では正の値を有し、そして600°C以上では局所的最大値を示す半導体ウエハに関するものである。

【0052】さらに、本発明は、本発明の方法による半導体ウエハであって、前記ストレスが、約500から約600°Cの温度範囲で、0から約 2×10^9 ダイン/ cm^2 変化するウエハに関するものである。

【0053】また本発明は、真空プロセス装置であつ

て、(i) チャンバと、(ii) 前記チャンバ内に暴露された基板の表面上に物質を堆積する手段と、(iii) 前記チャンバを SiH_4 でページする手段とを、有する装置に係るものである。

【0054】さらに、本発明は、真空プロセス装置であって、前記手段(ii)が少なくとも1つの反応性ガス源と、前記反応性ガスを前記チャンバに導入する手段を有することを特徴とする装置に係るものである。

【0055】さらに、本発明は、真空プロセス装置であって、前記手段(ii)が、 WF_6 、DCSそして貴ガスのガス源を有し、そして前記ガスを、該ガスを前記チャンバに導入する前に混合する手段を有することを特徴とする装置に係るものである。

【0056】さらに、本発明は、真空プロセス装置であって、前記手段(iii)が、 SiH_4 のガス源を有し、そして前記 SiH_4 を、前記チャンバに導入する手段を有することを特徴とする装置に係るものである。

【0057】さらに、本発明は、真空プロセス装置であって、(i) チャンバと、(ii) 少なくとも1つの反応性ガスと、(iii) 前記反応性ガスを前記チャンバに導入する手段と、(iv) SiH_4 のガス源と、(v) 前記チャンバを前記 SiH_4 でページする手段とを、有する装置に係るものである。

【0058】さらに、本発明は、真空プロセス装置であって、前記ガス源(ii)が WF_6 、DCSそして貴ガスのガス源からなることを特徴とする装置に係るものである。

【0059】さらに、本発明は、真空プロセス装置であって、前記手段(iii)が、前記ガスを、該ガスを前記チャンバ内に導入する前に混合する手段を有することを特徴とする装置に係るものである。

【0060】さらに、本発明は、真空プロセス装置であって、さらに、前記チャンバ内に基板を導入する手段を有する装置に係るものである。

【0061】以下に本発明の実施の形態を、実施例とともに詳しく述べる。

【0062】

【発明の実施の形態】我々は、 WF_6 とDCSを用いて半導体ウエハ上に WSi_x を堆積した後、タンゲステン堆積チャンバのページのためにシラン、より正確にはモノシラン(SiH_4)を使用することにより、係る処理後の半導体ウエハのシート抵抗における短期的及び長期的な下降傾向ドリフトを減少させるということを発見した。本発明にかかる方法を用いることにより、既知のDCS堆積プロセスのすべての利点が維持され、さらにシート抵抗においての短期的及び長期的なドリフトが約5%から3%減少するという他の利点もある。従って、本発明に係る方法による半導体ウエハは、シート抵抗においてより少ない変動を示すものである。

【0063】我々はまた、本発明に係る方法の結果とし

て、堆積したWSi_xフィルムにおいてストレス（応力）が有意に減少されることを予期せず発見した。

【0064】本発明に係る方法は、もし望まれるならば、真空堆積チャンバの改良をすることなく、既知のDCSプロセスを実施するために用いられる従来のCVD装置を適用して実施され得る。例えば、本発明に係る方法はApplied Materials, Inc.により提供される装置（Chang等による米国特許出願No08/136,529）を用いて可能である。

【0065】しかしながら、本発明に係る方法は、そのような装置の使用への応用のみに適用されると考える必要ない。特に、本発明はシングルチャンバプロセスシステムよりはむしろマルチチャンバプロセスシステムを用いて実施され得る。

【0066】ここで図1を参照する。CVDシステム10は、堆積チャンバ12、真空排気システム14、一般的に16で示されるガス混合アセンブリ16、拡散器18、ウェハリフト20、バッフルプレート22、リフトフィンガー24およびサスセプターリフト26からなる。ポリシリコンの層がその上にあるシリコンウェハのような基板28は、支持器またはサスセプター30の上に暴露されている。

【0067】加熱手段32は、サスセプター30とそのうえに保持される基板28のプロセスの間均一温度を維持する。

【0068】図示された実施例では、加熱手段32は、平行にされた光を石英窓36を通じるように方向づけられている、1000ワットランプの外部アレイである。他の既知の加熱手段も使用可能である。特に有用な加熱手段32は、ランプよりは抵抗加熱手段からなる。抵抗加熱手段を適用した場合、石英窓36は省略可能である。従って、抵抗加熱手段の使用は、定期的な清掃及び／又は石英窓の交換、それに伴うメンテナンスとダウントイム費用を不必要とする。

【0069】本発明の実施に使用可能な、抵抗加熱手段を有する、好ましい真空プロセス装置は、同時に係属する米国特許出願No08/200,074 (Lei等、1994年、2月23日出願、ここで参考として取り込まれている)に説明されている。

【0070】ガス混合アセンブリ16はガスボックスまたはガスプレナム、そして、バージガス、キャリアガス、WSi_xまたはそれ以外の堆積用反応性ガス、定期的チャンバ清浄プロセスのためのNF₃のようなクリーニングガスのような種々のプロセスガスの流れを制御するための1つまたはそれ以上のバルブを含むことが可能である。

【0071】又は、ガス混合アセンブリ16は省略してもよい、そしてすべてのプロセスガスは拡散器18を経由して直接チャンバ12へ供給されてもよい。この変法は、しかしながら、より大きな非形状追随性を結果とし

て与え、それゆえある応用例についてはあまり好ましくない。

【0072】図2は例示的なガス混合アセンブリ16を示している。フィードライン38と40はプロセスガスをプレナム42に送り、その後拡散器18を経由してチャンバ12へ送る。フィードライン38と40は混合ライン44と46により結合されていて、それらは分流ライン48により繋がれている。バルブ50と52は混合ライン44と46の間に、フィードライン38と40上にそれぞれ配置されている。インレット混合バルブ54と56は混合ライン44上に配置されており、アウトレット混合バルブ58と60はこれに対応して、混合ライン46上に配置されている。プロセスガス源はフィードライン38と40に連結されている。好ましくは、フッ素含有ガス源はフィードライン38と40の1つに連結され、一方、シリコン含有ガス源は残りのフィードラインに連結される。図1および2に示されるように、WF₆源64とNF₃クリーニングガス源66は同様にフィードライン38に、それぞれ供給バルブ68と70を経由して連結されている。DSC源72とSiH₄源74は同様にフィードライン40にそれぞれ供給バルブ76と78を経由して連結されている。好ましくはアルゴンである貴ガス源80は供給バルブ82を経由してフィードライン38に連結されている。

【0073】プロセスガスがチャンバ12に流れない場合には、種々のバルブのデフォルト設定は次の様である：バルブ50と52は開；他のすべてのバルブは閉である。図1に戻って、堆積プロセスは、プロセスガス（即ち、反応ガスとキャリアガス）の、ガス混合アセンブリ16および「シャワーHEAD」型の拡散器18を経由して堆積チャンバ12への流入で始まる。従来のプロセス混合はDCS、WF₆そしてアルゴンである。ガス混合アセンブリ16は、拡散器18の上流でプロセスガスを混合し、拡散器18へ供給される前にガス混合物は一様な成分からなることを確実にする。拡散器18は、その下にある基板28の面積に対応して面積上の数多くの開口部を有する。拡散器18と基板28との間に空隙は、反応ゾーンを定義するために、約200-1000ミル（5-25mm）に調節可能である。拡散器18は混合プロセスガスを反応ゾーン34へフィードする。

【0074】サスセプター30の面の下のチャンバの面積は、ボトムバージライン88を経由して、貴ガス、好ましくはアルゴンで、反応ガスがサスセプター30の下のチャンバ12の領域内に拡張していくことを防ぐためにバージされる。

【0075】チャンバ内の基本圧力は約10ミリトルである。排気システム14はチャンバ内の圧力を調節可能とするスロットルバルブ86に適合されている。

【0076】本発明に係る方法の図示されている実施例においては、3つのガス、貴キャリアガス（例えばアル

ゴンガス)、WF₆、そしてDCSがガス混合アセンブリで混合される。WF₆は、ガス源64から、ガス混合アセンブリ16へ、フィードライン38を通じて、開いている供給バルブ68により導入される。WF₆は好ましくは、ガス源80から開いてる供給バルブ82により供給される貴キャリアガスとともにガス混合アセンブリ16へ導入される。ガス源72からのジクロロシランは、フィードライン40を通じて、開いている供給バルブ76を経由してガス混合アセンブリ16に導入される。

【0077】貴キャリアガスはここでは経済的な理由で好ましくは、アルゴンであるが、しかし、他の貴ガスでも使用可能である。上で述べたように、窒素は現在のプロセスに従っては使用すべきでなく、プロセスから除外するべきである。

【0078】プロセスガスの混合は、ガス混合アセンブリ16中では、バルブ50と52、アウトレット混合バルブ58と60、そして開いてるインレットバルブ54と56と分流バルブ62を閉じることで遂行される。ガスは部分的に混合ライン44中で混合し、そして最初流れが安定するまで、分流ライン48を通じて、排気システム14へ流れる。安定になった後、分流バルブ62は閉じられる、そしてアウトレット混合バルブ58と60が開かれる。部分的に混合ガスは混合ライン44を通じてフィードライン38と40へ戻ってきて、それからプレナム42へ入り、そこで混合が完全となる。

【0079】混合されたプロセスガスはその後拡散器18を経てチャンバ12へに入る。

【0080】タンクステンケイ素化物堆積は、一般的には、500-600°C、好ましくは550°Cで実施される。堆積時の圧力は約0.3-1.0トールとすることができるが、好ましくは約0.7-1.5トールでの実施である。

【0081】典型的なプロセスにおいては、プロセスガスのチャンバ12への流量は、チャンバの容量に依存する。例示的な装置として、直徑8インチ(200mm)の半導体ウエハをプロセスするために使用されるチャンバを有するものは、典型的な容量は約6Lである。直徑6インチ(150mm)の半導体ウエハはまたこの容量のチャンバ内でプロセス可能である。そのような装置においては、適当なWF₆の流量は約1-6sccmであり、好ましくは約3.5sccmである。ジクロロシランはチャンバ12へ、約130-300sccmの流量、好ましくは約175sccmの流量で通される。アルゴンがキャリアガスとして用いられ、そして、チャンバ12へライン38を通じて約100-1000sccm、好ましくは300-500sccmの流量でチャンバ内へ流される。このアルゴン流量は、約100-500sccm、好ましくは約300sccmのボトムページラインからは除かれている。抵抗値が700-1400μΩ·cm、好ましくは約800μΩ·cmのWSi_x層

を得るために、種々の流量が調節可能である。堆積は最も好ましくは550°Cでさらに1トールで実施されることである。

【0082】堆積プロセスが完了した後、しかし、SiH₄バージステップが始まる前に、DCSを用いた任意の部分バージステップを行うことが好ましい。任意のDCS部分バージステップは、簡単に供給バルブ68を閉じて、すでに確立されたDCSとアルゴンのチャンバ12への流れを維持しながら、WF₆が堆積チャンバへ流れるのを止めることで実施される。任意のDCSバージは0から約5秒、好ましくは2-3秒行われる。この任意のバージステップの間のDCSの流量は約130から300sccmであり、好ましくは約175sccmである。好ましい温度は堆積ステップで指示されたものと同様である。

【0083】任意のDCSバージは、いかなる残留WF₆をガス混合アセンブリから取り除くのに役立つ。このことは、ガス混合アセンブリ内で、WF₆が次のSiH₄の流れと接触しないということを確かなものとする。堆積プロセスと任意のDCS部分バージプロセスの後に、SiH₄バージ、または「キャップ」ステップが行われる。供給バルブ76が閉じられる、ガス源72からチャンバ12へDCSの流れを止める。もし供給バルブ68が予めWF₆の流れを止めるために閉じられていない場合には、この時に閉じられる。すべての混合バルブ54、56、58、60が閉じられる、そしてバルブ50と52は開かれる。供給バルブ78が開かれる、そしてSiH₄がガス源74から流れようになる。供給バルブ82は好ましくは開けたままにし、ガス源80からアルゴンの流れを維持する。アルゴンはMた、好ましくは、チャンバ12へボトムページライン88を通じて流れを継続する。

【0084】SiH₄源74からSiH₄はフィードライン40とバルブ52を通じてプレナム42へ、そしてチャンバ12へ流れる。SiH₄のバルブ52を通じた直接の流れはふたたび、SiH₄がいかなるWF₆、ガス混合アセンブリ16に残っているかもしれないWF₆と接触し、そして反応しないことを確かなものとする。

【0085】ガス混合アセンブリ16のプレナム42は、SiH₄が分解することを避けるために、その温度が約10°Cと15°Cの間に維持されることが好ましい。好ましい冷却手段は、水冷ジャケット(図示せず)である。他の冷却手段もまた使用可能である。

【0086】SiH₄バージステップは好ましくは約10から30秒、さらに好ましくは約15秒実施される。合計の堆積チャンバ内へのSiH₄流量は好ましくは100から500sccmであり、より好ましくは約300sccmである。SiH₄バージの間に、合計の堆積チャンバ内のチャンバ圧力は好ましくは約0.5から1.0トール、より好ましくは約0.7トールに維持される。SiH₄バージの間の温度は、好ましくは約500-600°C、より好ましくは約550°Cである。好ましくは、温度は近似

的に、堆積ステップが実施される温度と同じである。

【0087】好ましくは、アルゴンボトムバージの流量は約100から500 sccmであり、より好ましくは約300 sccmであり、SiH₄バージステップの間維持される。SiH₄バージステップの完了の際に、SiH₄は堆積チャンバ、ガス混合アセンブリ、そしてフィードライン38と40から除かれる。バルブ52は閉じられ、混合バルブ56と分流バルブ62は開けられる。DCSは、好ましくはアルゴンと組合せられて、フィードライン40と分流ライン48を通じて排気システム14へ約5から10秒、好ましくは約5秒、残留するSiH₄を除くために流される。このステップの間、DCSは堆積チャンバ12へは入らない。

【0088】次に、アルゴン流は、このステップの間堆積チャンバ12内へ、約5から10秒、好ましくは約5秒、残留SiH₄をチャンバから除くために維持される。

【0089】最後に、堆積チャンバ12とすべての反応ガスフィードラインは使用ポンプの基本圧力（好ましくは5から15ミリトル）まで脱気される。従来のSiH₄除去プロセスは、その前のステップを参照して上で述べた温度の範囲内で好ましく実施可能である。

【0090】バージプロセスはこの点で完了し、基板28は堆積チャンバ12から取りだすことが可能となる。

【0091】規則的に、チャンバ12は、NF₃のようなガスを用いて、プラズマクリーニングプロセスによるような従来の手段により清浄化され得る。クリーニングガスはガス源66から、供給バルブ70を開いて、混合バルブ54と58を閉じて、そしてクリーニングガスをバルブ50を通じて流すことによりチャンバ12へ供給され得る。クリーニングガスは、もし望むなら、貴キャリアガスと通常の方法で混合してもよい。本発明によれば、SiH₄は、堆積の後と同様に、それに先立って真空プロセス装置のチャンバへ導入可能である。この、堆積に先立って、初期チャンバコンディション化(conditioning)ステップ、または「シランソーク(silane soak)」ステップは、好ましくはSiH₄を堆積チャンバヘライン40を経て導入されることで実行される。バルブ52は開かれている、そしてすべて他のバルブは閉じられたままである。

【0092】好ましくは、アルゴンボトムバージが同時にSiH₄ステップとなされる。アルゴン流量は好ましくは約100から500 sccmであり、より好ましくは約300 sccmである。

【0093】SiH₄ソークステップは好ましくは、半導体基板28が堆積チャンバ12へ導入された後になされる。

【0094】SiH₄は好ましくは堆積チャンバ12へ、その後の堆積およびSiH₄バージステップと同じ貴キャリアガス、例えばアルゴンと組合せて導入する。SiH₄ソークステップは好ましくは、約15秒から1分、より好まし

くは約30秒実施される。堆積チャンバ12へのSiH₄の流量は、チャンバ容積が約6 Lとして、約100から500 sccm、より好ましくは300 sccmである。コンディション化ステップの間のチャンバ圧力は、好ましくは約1から10トールであり、より好ましくは約2トールである。

【0095】コンディション化の時間は、SiH₄流量とチャンバ圧力に依存するであろう。それゆえ、15秒は、SiH₄流量500 sccmでチャンバ圧力10トールでの好ましい最小の時間である。約30秒は、流量300 sccm圧力2トールでの充分な時間である。

【0096】コンディション化ステップでの温度は、典型的には、堆積ステップで使用されるものと同じであり、約500-600°Cであり、より好ましくは約550°Cである。しかしながら、コンディション化ステップにおいては最小温度が要求されることはない、SiH₄はたとえ室温(25°C)でも分解するからである。

【0097】コンディション化ステップはSiH₄バージステップと組合せても、または独立しても実施可能である。

【0098】DCS堆積ステップに先立ち上で述べたように堆積チャンバ12をコンディション化することにより、より均一なWSi_x堆積が実現される。SiH₄は堆積を開始させる触媒であると考えられているし、そしてまた、DCS堆積プロセスに先立ち、薄いポリシリコン層を半導体ウェハ表面に加えると考えられている。それゆえ、SiH₄ソークステップを実施することは極めて好ましい。しかしながら、DCS堆積プロセスが、高い温度、例えば約650°C以上で実施される場合は、SiH₄ソークステップは省略してもよい。

【0099】SiH₄コンディション化ステップ、DCS堆積ステップ、そしてSiH₄バージステップを含む例示的プロセスは図5に示されている。本発明はさらに次の非限定的な例により示される。

【0100】

【実施例】以下実施例に基づき本発明を具体的に説明するが、本発明はその要旨を超えない限り以下の実施例に限定されるものではない。

【0101】例1

例においては、2つの8インチ半導体ウェハは、WSi_xの層が堆積された。最初のウェハは、シランキャップすることなく通常のシラン法に従ってプロセスされた。2つ目のウェハは、以下に示すように本発明に従い、DCS法の前にするSiH₄ソークステップと、DCS法の後にするSiH₄キャッピングステップを伴うDCS法に従いプロセスされた。

【0102】最初、ウェハは6 Lの真空堆積チャンバへ導入された、そしてSiH₄(300 sccm)がチャンバ内へ、キャリアガスとしてアルゴン(300 sccm)とともに導入された。チャンバの底が同時にアルゴン

(300 sccm)によりバージされる。SiH₄ソーカスステップが2トールの圧力で30秒実施された。

【0103】その後、ウエハは565°Cにチャンバ内で加熱された。WF₆ (3.5 sccm)、DCS (175 sccm)そしてアルゴン (600 sccm)が拡散器を経て導入された。チャンバの底はアルゴン (300 sccm)でバージされた。チャンバ圧力は0.8トールであった。WSi_x堆積は110秒実施された。

【0104】堆積が完了した後、シランキャップステップが15秒実施された。合計プロセス時間は3分間であった。

【0105】それぞれのウエハのWSi_x膜におけるストレスは、Tencor FLX-2908薄膜ストレス測定装置 (Tencor Instrumentsから入手可能) を用いて測定する。それぞれのウエハは窒素雰囲気下で、6時間の測定中は900°Cまで加熱される。ウエハは900°Cで30分維持され、それからゆっくりと室温に冷却される (25°C)。それぞれの薄膜のストレスは加熱および冷却の間に測定された。結果は図3および4にそれぞれ与えられている。

【0106】図3および4の比較から、本発明により得られる薄膜ストレスの予期せぬ改善が見られる。本発明による例示的な製造された薄膜は、堆積プロセスが典型的に実施される温度範囲 (約500–600°C) を含む温度範囲内で、従来既知のDCSにより形成される比較用薄膜よりも有意な低いストレスを示す。

【0107】より詳しくは、既知方法及び本発明の方法による両方の方法で形成されるWSi_x膜はともに、アニーリングおよび冷却の間測定されるストレスにおいて履歴をしめす。本発明により形成する例示的膜 (図4)においては、約室温から約600°Cの温度範囲で、加熱時に測定されるストレスは、冷却時のストレスよりも低い。約400°Cと600°Cの間でストレスは少し変動した。図3に示される比較用膜においては、加熱時に測定されるストレスは、約200°Cで冷却する際に測定されるものより高い、そして約675°Cまで、より高いく維持される。図4の例示的膜は、また、膜ストレスは、約400°Cから約500°Cの温度で負の値を示すという点で図3の比較用膜とは異なる。すなわち、例示的膜は上記の温度範囲ではテンション (tension) ではなくむしろコンプレッション (compression) であることが示され、一方比較用膜はいつもテンションであることを示す。

【0108】例示的膜は、比較用膜と同様に約600°Cにおいて局所的ストレスの最大値を示す。しかしながら、例示的膜においては、このおんどでの測定されたストレスは比較用膜のそれよりずっと低い。さらに、約600°C以上の温度範囲において加熱における比較用膜により示されるストレスの変化の速度および、ストレスにおける合計の減少は、例示的膜でしめされるものよりもずっと大きい。すなわち、例示的膜は、この温度範囲

においてずっと滑らかなストレスの遷移を示す。

【0109】いかなる特別な理論にしばられることは望まないが、本発明により形成される膜のふるまいは以下のように説明され得る。WSi_x膜は、ヘキサゴナル(hexagonal)とテトラゴナル(tetragonal)の2つの相の混合である。アニーリング時において、温度が約400°Cから700°Cの範囲で上昇するにつれて、ヘキサゴナル相がテトラゴナル相へ変移(transform)する。約900°Cまでに、膜は實質的に完全にテトラゴナル相となる。この点から、従来法により形成され、または本発明による方法により形成されても、WSi_x膜は冷却に際しては同様にふるまう。

【0110】膜のストレスは、加熱に従い、遷移温度範囲が達成されるまで減少することが観測され、この点でストレスは、相転移が始まるにつれて増加する。本発明による方法で形成される膜においては、アニーリングプロセスの開始時のストレスは、先行技術により形成された膜においてのストレスよりもずっと低い。前一遷移加熱(pre-transition heating)の間は、示されているように、ストレスは先行技術によるストレスより有意により低く維持され、そして、この領域ではゼロ、もしくは負とさえ (コンプレッシブ(compressive)) 考えることが可能である。もっとも、負の値は本発明において形成されるすべての膜において必ずしも実現される必要はない。本発明の方法に従い形成される膜により示されるストレスの減少は次のように達成可能である。プロセスされる半導体ウエハは、SiH₄がチャンバをバージする間チャンバ内に残される。SiH₄は、ウエハ上表面に存在する残留タンクステン原子、および残留WF₆と反応し、そして、DCS堆積プロセス (それゆえ「キャップ」ステップとしてSiH₄バージに対する代わりの参照(reference)である) の間に形成される層の最上部に、約1–2オングストロームの厚さを持つシリコンの多いWSi_x層を形成する。該反応は、膜粒子(grain)の境界でシリコンを膜に追加し、膜の穴(pore)を埋め、従って膜のストレスを解消する。さらにSiH₄バージは実際シート抵抗のわずかな増加をもたらし得るとも考えられている。

【0111】例2

シート抵抗は、従来法および例1に示した本発明による方法による半導体ウエハにおいて測定された。シート抵抗値は、ウエハの表面の49の異なる場所で測定され、測定値の平均値および標準偏差を計算した。標準偏差はここでは、シート抵抗の「均一性(uniformity)」として記載される。高い「均一性」値は従って、シート抵抗の大きな変動を示す、ウエハの表面の場所から場所へのシート抵抗の大きな変動を示すものである。

【0112】図6と図7は、従来法と、本発明に係る方法によるそれぞれ25枚のウエハのΩ/スクエアで測定したシート抵抗の短期的ドリフトを示すものであり (◇)、%で表した均一性 (□) を示す。従来法による

測定されたシート抵抗は31から29Ω／スクエアへばらつき、約2Ω／スクエア（約6.5%）の減少である。本発明に係る方法においては、シート抵抗は44.4から44.6Ω／スクエアのばらつきであり、これは実験誤差の範囲である。従来法の均一性が約1.7%から2.4%へばらつき；本発明に係る方法においては約1.83%から1.75%へばらつく。明らかに、本発明に係る方法は、シート抵抗の短期的下方向へのドリフトを有意に減少させる。

【0113】図8と9は500枚ウエハの長期的シート抵抗におけるドリフトと、均一性について、従来法と本発明に係る方法についてそれぞれ示されている。1バッチ25枚のウエハの最初のウエハについてシート抵抗が測定された。25枚のウエハがプロセスされた後、真空堆積チャンバーは清浄化された。そしてそのプロセスが次の25枚のウエハについて繰返される。

【0114】従来法プロセスにおいては、シート抵抗は31から27Ω／スクエアへと変動し、約4Ω／スクエア（約13%）の減少であった。本発明に係るプロセスにおいては、シート抵抗は44.5から43Ω／スクエアへと変動し、約1.5Ω／スクエア（約3%）の減少であった。従来法の均一性は約2%から3.5%へ増加することが観測され、本発明に係る方法では変動は約1%から1.8%であり、上方向とか下方向とかの傾向はなかった。それゆえ本発明に係るプロセスは、従来法のプロセスと比較して、均一性の改善同様、シート抵抗の長期的な下方向のドリフトを、有意に減少させる。

【0115】さらに、500枚のウエハプロセス後は、許容されるシート抵抗を有する堆積膜を製造するために、従来法プロセスでは堆積中に圧力を約1.2トール上昇させる調節が必要であった。本発明に係るプロセスでは、そのような上昇方向の調節は必要無かつた。本発明は、主に、DCS堆積プロセスを参照として説明されているが、本発明はDCS堆積プロセス、または基板上にWSixを堆積するプロセスに限定されない。SiH₄コンディション化とバージステップは、他の堆積プロセス、特に基板上に結晶性物質を堆積するプロセスにおいても使用可能である。そのような物質としては、例えば、TiSi_x、CoSi_x、TiCoSi_x等である。

【0116】本発明に従い半導体ウエハをプロセスすることにより、シート抵抗の短期的、及び長期的下方向ドリフトを有意に減少させ、より均一なウエハを製造することを可能とする。さらに本発明は、有意に減少した膜ストレスを有するようにプロセスウエハを提供する。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明の方法を実現するために有用で

あり、例示的な真空プロセス装置、より詳しくはタンクステン堆積チャンバーの模式断面図を示すものである。

【図2】図2は、一般的に図1で示される、好ましいガス混合アセンブリの構成ダイアグラムを示すものである。

【図3】図3は、従来のDSCプロセスにより半導体ウエハ上に堆積されたWSixフィルムの、温度の関数としてアニーリング時に測定した、フィルムストレスのグラフを示すものであり、四角で示されるのはフィルムの加熱時に測定された値であり、三角で示されるのは冷却時に測定された値である。

【図4】図4は、図3に対応する、本発明に係る方法に従い堆積された半導体ウエハ上への例示的なWSixフィルムのストレスの温度の関数としてグラフを示すものである。

【図5】図5は、本発明による半導体ウエハのプロセスの例示的方法を示したフローチャートである。

【図6】図3と4で説明される方法に従い、従来のプロセスで製造された25の半導体ウエハのシート抵抗（菱形）と均一性（四角）の変動を示すグラフである。

【図7】図3と4で説明される方法に従い、本発明のプロセスで製造された25の半導体ウエハのシート抵抗（菱形）と均一性（四角）の変動を示すグラフである。

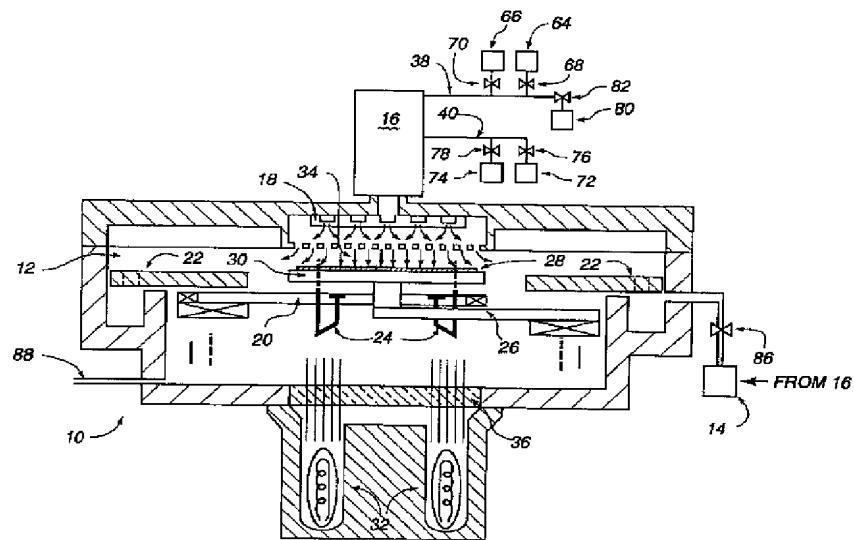
【図8】図3と4で説明される方法に従い、従来のプロセスで製造された500の半導体ウエハのシート抵抗（菱形）と均一性（四角）の変動を示すグラフである。

【図9】図3と4で説明される方法に従い、本発明のプロセスで製造された500の半導体ウエハのシート抵抗（菱形）と均一性（四角）の変動を示すグラフである。

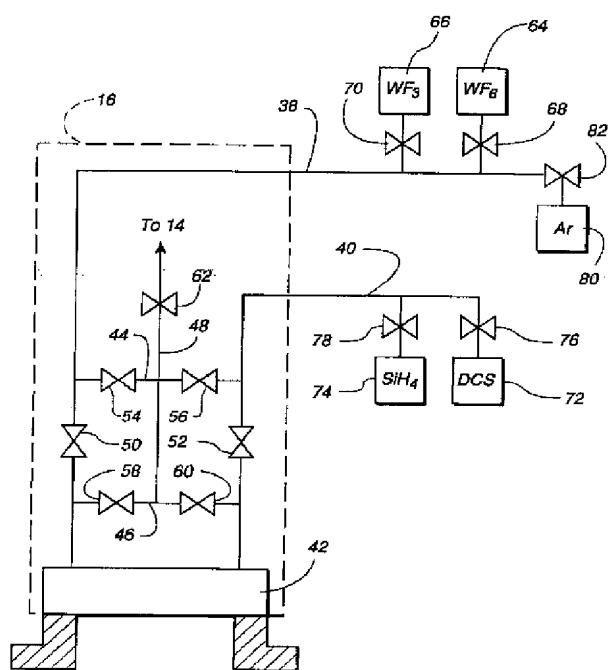
【符号の説明】

10…CVDシステム、12…堆積チャンバー、14…真空排気システム、16…ガス混合アセンブリ、18…拡散器、20…ウエハリフト、22…バッフルプレート、24…リフトフィンガー、26…サスセプターリフト、28…基板、30…サスセプター、32…加熱手段、34…反応ゾーン、36…石英窓、38…フードライン、40…フードライン、42…プレナム、44…混合ライン、46…混合ライン、48…分流ライン、50…バルブ、52…バルブ、54…インレット混合バルブ、56…インレット混合バルブ、58…アウトレット混合バルブ、60…アウトレット混合バルブ、62…分流バルブ、64…WF6源、66…NF3クリーニングガス源、68…供給バルブ、70…供給バルブ、72…DSC源、74…SiH₄源、76…供給バルブ、78…供給バルブ、80…貴ガス源、82…供給バルブ、86…ストップバルブ、88…ボトムバージライン

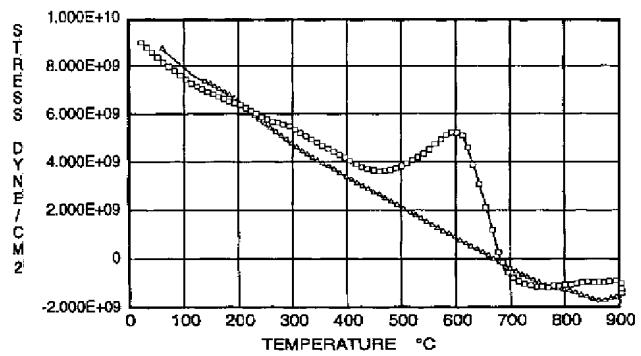
【図1】



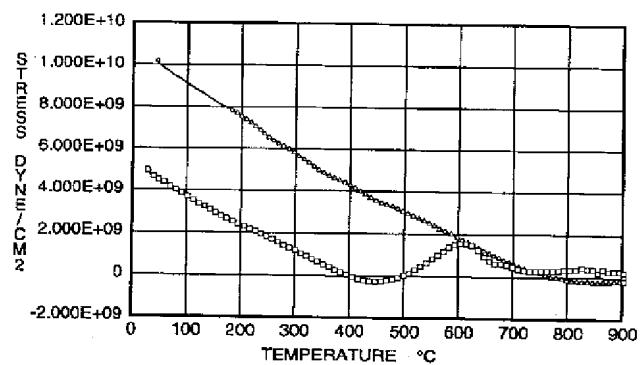
【図2】



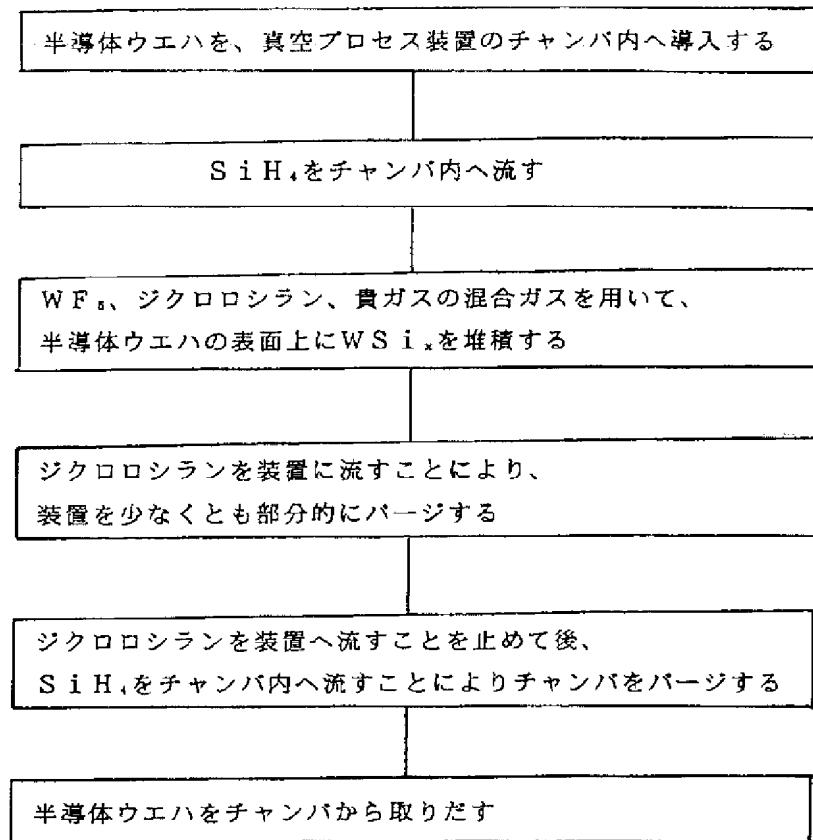
【図3】



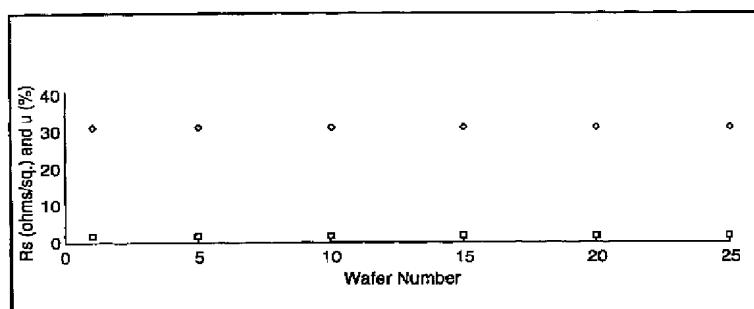
【図4】



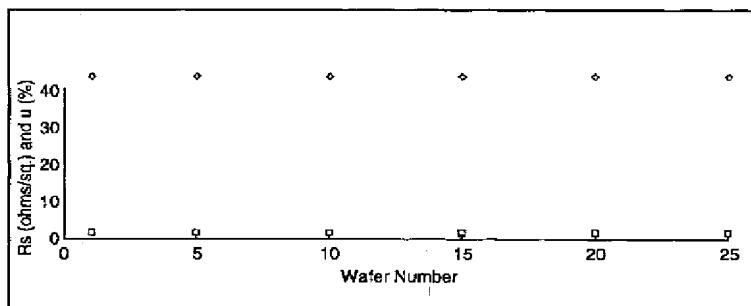
【図5】



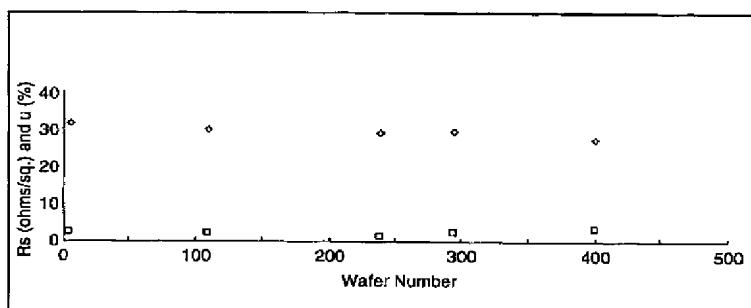
【図6】



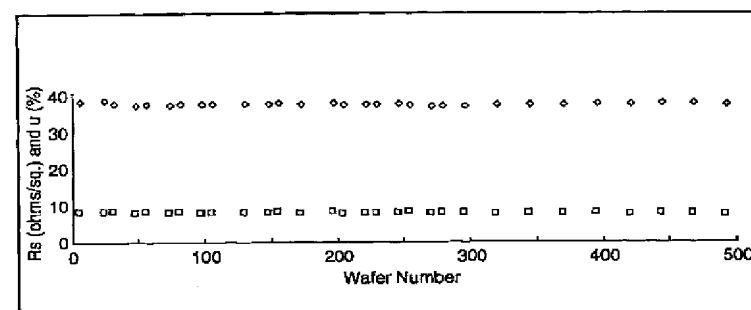
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 メイ チャン

アメリカ合衆国, カリフォルニア州,
サラトガ, コート デ アルグエロ
12881

(72)発明者 ラマヌジャプラム エー, スリニバス
アメリカ合衆国, カリフォルニア州,
サン ノゼ, ローン ホーリー ドライ
ヴ 6609

(72)発明者 クラウス-ディエター リネン

アメリカ合衆国, カリフォルニア州,
パロ アルト, マーク トウェイン ス
トリート 1806

(72)発明者 モシェ アイゼンバーグ
イスラエル, ハイファ 34759, ソロ
カ ストリート 32

(72)発明者 スーザン テルフォード
ドイツ, アンテグレッテンバッヒ
74199 ブルーメン シュトラーセ ナン
バ-24